SULLA RAREFAZIONE DELLA MATERIA NELL'UNIVERSO

di Luciano Ancora

Secondo la teoria cosmologica del Big Bang, l'universo sarebbe nato, circa 14 miliardi di anni fa, dall'esplosione di una singolarità: un punto infinitesimale dove tutta la materia era inizialmente concentrata sotto forma di energia.

In fisica classica (la fisica della nostra realtà oggettiva) con il termine materia, si indica genericamente qualsiasi oggetto che abbia massa e che occupi spazio. Questa definizione, che ben si accorda con la nostra percezione della realtà, ci fa sembrare assurda la sopradetta ipotesi che tutta la materia dell'universo possa essere stata inizialmente confinata in una regione cosi piccola, puntiforme addirittura.

Ma quanto spazio occupa "realmente" la materia? Per rispondere a questa domanda condurremo una indagine osservativa, su scale diverse, che come vedremo si spingerà fino a considerare i componenti più elementari della materia.

Partiremo da una scala macroscopica, considerando il nostro sistema solare, per vedere quanta parte di esso è occupata dalla sua materia costituente. Le misurazioni astronomiche indicano che il 99,86 % della massa complessiva del sistema solare è concentrata nel Sole, una stella medio-piccola del diametro di 1,39 milioni di chilometri, con una densità media di circa 1.400 kg/m^3. Potremmo limitarci ad esso nella nostra indagine, ma estendiamola considerando anche la distribuzione dei pianeti sul piano orbitale del sistema.

Per una più facile visualizzazione, useremo la scala del nostro ambiente vitale, riducendo la distanza interplanetaria di un milione di chilometri ad un metro. In questa scala, il Sole è una sfera del diametro di 1 metro e 39 cm, posta al centro del sistema. Ad una distanza di 58 m orbita Mercurio, una sfera del diametro di appena 5

mm! A 108 m dal Sole si trova Venere, con un diametro di 12 mm. Quindi la Terra, a 150 m dal Sole, con un diametro di 13 mm. Poi troviamo Marte, a 234 m ed un diametro di 7 mm. Poi Giove, con 143 mm di diametro, a 779 m dal Sole. Poi ancora Saturno, a 1.427 m e un diametro di 121 mm. A 2.857 m orbita Urano, una sfera del diametro di 51 mm. Infine troviamo Nettuno, a 4.497 m dal Sole e con un diametro di 50 mm. Abbiamo trascurato Plutone, i pianeti nani, i satelliti, gli asteroidi ed altri oggetti minori del sistema solare.

Si ottiene certamente una descrizione migliore se si usano, per rappresentare il Sole e i pianeti, gli oggetti del nostro vivere quotidiano, e si raggiunge un risultato ancora più realistico se traduciamo, nel nostro immaginario, le distanze interplanetarie con gli spazi che ci separano, nel luogo in cui abitualmente viviamo, dai posti che frequentiamo, quali chiese, teatri, piazze, mercati, ecc.

Il Sole è quindi qui accanto a noi ed è un palloncino giallo gonfiato fino al diametro di un metro e mezzo. Poi c'è Mercurio, un pisello che gli ruota intorno a 60 metri di distanza. Quindi troviamo Venere, la biglia di un bambino, a 110 metri dal Sole. A 150 metri c'e la nostra Terra, una biglia un pò più grande. Poi, a circa 240 metri, incontriamo Marte, grande come un mirtillo. Dopo c'è Giove, una boccia da gioco, a 800 metri dal Sole. Poi ancora Saturno, un pompelmo, posto a circa un chilometro e mezzo dal Sole. Urano è una palla da golf a circa 3 chilometri. Infine troviamo Nettuno, un'altra palla da golf a quattro chilometri e mezzo dal Sole.

Negli spazi interplanetari regna il vuoto assoluto. Dobbiamo ora tirare in ballo gli spazi interstellari che ci circondano, anche essi vuoti.

Nell'intorno del nostro sistema solare, entro un raggio di 15 anni luce, gli astronomi hanno individuato una trentina di sistemi stellari, distribuiti con una certa uniformità. Ipotizzando per ciscuno di questi sistemi una situazione simile a quella osservata nel nostro sistema solare, si potrebbe concludere che lo spazio occupato dalla materia in una sfera intorno a noi, del raggio di 15 anni luce, si possa

rappresentare (nella stessa scala usata prima: 1 m = 1 milione di km) come una sfera del diametro di 4-5 m, posta al centro di una sfera vuota del raggio di 142.000 km, corrispondenti ai 15 anni luce prima considedrati.

Ma è lecito estendere a tutto l'universo le conclusioni appena tratte dalle osservazioni eseguite nel nostro intorno strellare? La risposta è si, se si applica il cosiddetto Principio Cosmologico, che, affermando che l'universo sia *omogeneo* e *isotropo*, ci autorizza ad estrapolare i risultati delle nostre osservazioni, necessariamente limitate, all'universo intero.

Torniamo ora alle nostre osservazioni. Nel nostro modello semplificato dell'universo intero, ci troviamo quindi di fronte ad una sfera di 4-5 m di diametro, situata al centro di un'altra sfera, vuota, che si estende intorno a noi fino ad una distanza pari circa alla metà della distanza Terra-Luna. Tutta la materia dell'universo è qui davanti a noi, concentrata in questa sfera, e sembra occupare tutto lo spazio a sua disposizione. Ma non è così: è la limitatezza dei nostri sensi, della vista in particolare, che ci dà questa sensazione di compattezza e impenetrabilità. In realtà, come vedremo, stiamo osservando un corpo materiale praticamente vuoto!

Supponiamo di essere dotati, come i super-eroi, di una vista a raggi x e della capacità di miniaturizzarci fino a dimensioni atomiche. Useremo queste capacità per penetrare all'interno dell'oggetto che osserviamo, per sondarlo più in profondità. Incontreremo altri mondi.

Avendo quindi ridotto il nostro corpo a dimensioni atomiche, ci ritroviamo a viaggiare, in uno spazio interatomico vuoto, alla ricerca di *protoni* da esaminare da vicino. Ne individuiamo uno: si tratta del protone centrale di un atomo di idrogeno. Ha le dimensioni di una palla da golf. Fuori di esso, un singolo *elettrone*, anch'esso privo di dimensioni percettibili, «riempie» una sfera atomica di tre chilometri di diametro: un bruscolino invisibile che riempie un volume gigantesco!

Utilizziamo ora la nostra vista a raggi x[(1)] per vedere cosa c'è

all'interno della nostra palla da golf (il protone). Osserviamo che vi ronzano, rimbalzando avanti e indietro ad una velocità prossima a quella della luce, *quark* e *gluoni*, che sono i componenti elementari del protone. Il protone risulta composto da tre quark e dai gluoni che mediano l'interazione forte che lega i quark dando stabilità e quindi vita eterna al protone. I quark sono particelle puntiformi, cioè prive di estensione spaziale, eppure dotate di massa. I gluoni, come i quark, sono anch'essi puntiformi, ma sono privi di massa. Anche i *neutroni,* qui assenti*,* sono composti da quark e gluoni.

(1) - *L'uso dei raggi x per penetrare nel protone è qui metaforico: i raggi x non hanno abbastanza energia per farlo.*

Siamo quindi giunti alla conclusione della nostra indagine, avendo infine osservato che, oltre ad essere estremamente rarefatta nell'universo, la materia è costituita, a livello elementare, da particelle effimere, con un'estensione spaziale praticamente nulla. Appare quindi plausibile l'ipotesi esposta all'inizio di questo articolo, secondo cui tutta la materia dell'universo possa essere stata inizialmente confinata in un punto.

Si calcola che la densità media della materia nel nostro universo sia di un atomo di idrogeno ogni centimetro cubo di spazio! Questo risultato, insieme all'evidenza che un atomo di idrogeno è formato da un elettrone, tre quark ed i pochi gluoni che li tengono insieme, tutte particelle puntiformi, ha dell'incredibile, proprio come prima ci sembrava assurda l'ipotesi della singolarità iniziale della teoria del Big Bang.

Concludiamo con alcune considerazioni sulla nostrea percezione della realtà. Diamo un’occhiata allo spazio vuoto che c’è tra due oggetti posati sulla nostra scrivania: che cosa vediamo? Niente diremo. Tuttavia sappiamo che in quello spazio apparentemente vuoto, esiste invece una moltitudine di forme, come granelli di polvere, acari, migliaia di trasmissioni radio e televisive, milioni di conversazioni tramite cellulare. Lo spazio che ai nostri occhi fisici sembra vuoto, è in realtà, molto congestionato! D'altro canto, come

abbiamo visto, lo spazio occupato dagli oggetti solidi risulterebbe in realtà praticamente vuoto. Tutto ciò è dovuto alla limitatezza della nostra vista, che funziona entro i limiti del cosiddetto spettro della luce visibile, sufficiente per le nostre necessità biologiche, ma inadeguato per una descrizione completa del mondo fisico che ci circonda, potendoci spesso condurre a conclusioni fuorvianti. Tuttavia la scienza e la tecnica ci permettono di ampliare i limiti dei nostri sensi, fornendoci ogni giorno sofisticati mezzi tecnologici in grado di consentirci una conoscenza della realtà sempre più profonda e veritiera.

L'uomo, questo meraviglioso prodotto dell'evoluzione della materia originatasi col big bang, è stato in grado di trascendere la materia stessa di cui è composto, arrivando infine a spiegarne l'essenza più profonda!